
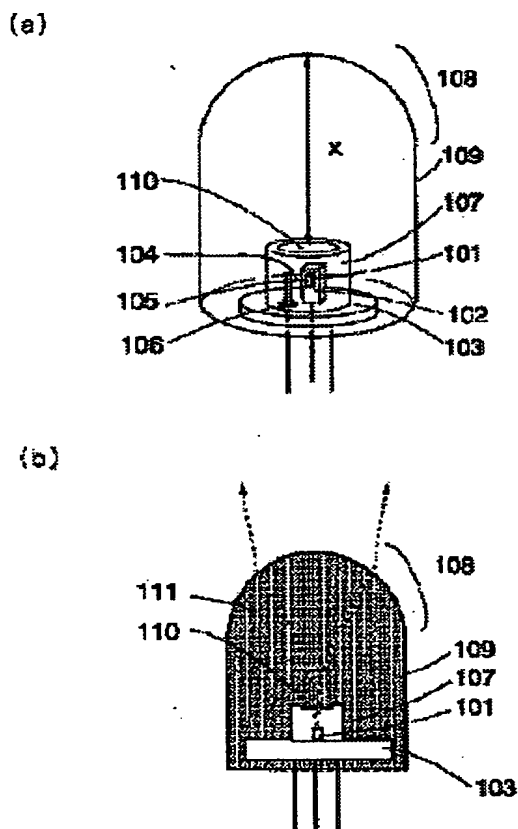


**Patent number:** JP2001148515  
**Publication date:** 2001-05-29  
**Inventor:** FUJISHIRO YOSHIE; SHIMONAKA ATSUSHI  
**Applicant:** SHARP CORP  
**Classification:**  
- **international:** H01L33/00; B29C39/26; H01L21/56; H01L23/29; H01L23/31; H01S5/022; H04N5/00; H04N7/22  
- **european:**  
**Application number:** JP19990330861 19991122  
**Priority number(s):**



**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light-emitting device for wireless optical communication, that meets both the contradictory required conditions of a narrow radiation angle and a large emission diameter.

**SOLUTION:** This light-emitting devices is equipped with an least a light- emitting device and resin for molding the light-emitting device. The resin has lens and light diffusion functions. When the radiation angle of light from the light-emitting device is determined according to the functions, the radiation angle by the lens function becomes smaller than that by the diffusion function.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-148515  
(P2001-148515A)

(43)公開日 平成13年 5 月29日 (2001. 5. 29)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	N 4 F 2 0 2
B 2 9 C 39/26		B 2 9 C 39/26	4 M 1 0 9
H 0 1 L 21/56		H 0 1 L 21/56	R 5 C 0 5 6
			J 5 C 0 6 4
23/29		H 0 1 S 5/022	5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平11-330861

(22)出願日 平成11年11月22日 (1999. 11. 22)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 藤城 芳江

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 下中 淳

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74)代理人 100103296

弁理士 小池 隆彌

最終頁に続く

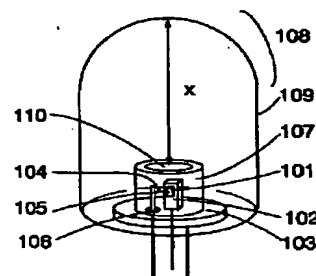
(54)【発明の名称】 発光装置、その製造方法、及び発光装置を搭載した電子機器

(57)【要約】

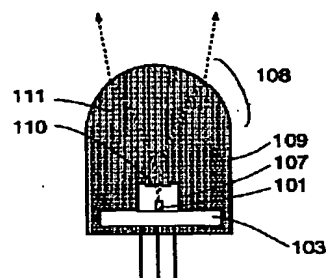
【課題】 狭い放射角と大きな発光径という相矛盾する要件を共に満たしたワイヤレス光通信用の発光装置を提供する。

【解決手段】 発光素子と、該発光素子をモールドする樹脂とを、少なくとも備えた発光装置であって、前記樹脂が、レンズ機能と、光拡散機能とを備えて、これらによって発光装置からの光の放射角度を決定する際、前記レンズ機能による放射角度の大きさが、前記光拡散機能による放射角度の大きさよりも小さくなることを特徴とする。

(a)



(b)



# 【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光素子と、該発光素子をモールドする樹脂とを、少なくとも備えた発光装置であって、前記樹脂が、レンズ機能と、光拡散機能とを備えて、これらによって発光装置からの光の放射角度を決定する際、前記レンズ機能による放射角度の大きさが、前記光拡散機能による放射角度の大きさよりも小さくてなることを特徴とする発光装置。

【請求項2】 前記レンズ機能による放射角度の大きさが、前記光拡散機能による放射角度の大きさの $1/3$ よりも小さくてなることを特徴とする請求項1に記載の発光装置。

【請求項3】 発光素子と、該発光素子をモールドする樹脂とを、少なくとも備えた発光装置であって、前記樹脂端面がレンズ機能をなし、該レンズ機能の持つ焦点距離位置近傍に、前記発光素子の発光点を配置してなることを特徴とする発光装置。

【請求項4】 光路長 $X$ の焦点位置からのずれの大きさを焦点距離で規格化した $\Delta f$ が、前記レンズ機能の開口数 $NA$ を用いて、 $x > f$ で $\Delta f < 4/(NA-4)$ 、 $x < f$ で $\Delta f < 4/(NA+4)$ となる位置に、前記発光素子の発光点を配置してなることを特徴とする請求項3に記載の発光装置。

【請求項5】 前記発光装置の放射角が指向半値角で $20^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の発光装置。

【請求項6】 前記レンズ機能による放射角度の大きさが、指向半値角で $4^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の発光装置。

【請求項7】 前記光拡散機能は、樹脂に混入されたファイラーによってなされ、該ファイラーは前記モールド樹脂に部分的に分布してなることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の発光装置。

【請求項8】 発光素子と、該発光素子をモールドし、レンズ機能と光拡散機能を有する樹脂とを、少なくとも備えた請求項1乃至7のいずれかに記載の発光装置を製造する際、

前記モールド樹脂を形成した後、その表面に、該樹脂を溶かす作用を持つ溶液を用いてエッチングを施すことにより、前記モールド樹脂の持つ光拡散機能を決定してなることを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項9】 発光素子と、該発光素子をモールドし、レンズ機能と光拡散機能を有する樹脂とを、少なくとも備えた請求項1乃至7のいずれかに記載の発光装置を製造する際、

前記モールド樹脂を形成した後、その少なくともレンズ機能を有する表面に液状の樹脂を霧状に吹き付けることにより、前記モールド樹脂の持つ光拡散機能を決定してなることを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項10】 発光素子と、該発光素子をモールド

し、レンズ機能と光拡散機能を有する樹脂とを、少なくとも備えた請求項1乃至7のいずれかに記載の発光装置を製造する際、

前記モールド樹脂の成形金型の内面に凹凸を施すことにより、前記モールド樹脂の持つ光拡散機能を決定してなることを特徴とする発光装置の製造方法。

【請求項11】 前記請求項1乃至7のいずれかに記載の発光装置を搭載してなることを特徴とする電子機器。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はワイヤレス光通信分野など、使用する光源に人体とりわけ目に対する安全性を必要とする分野で用いられ得る、樹脂モールドを施した発光装置とその製造方法及びそれを搭載した電子機器に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、比較的近い距離の間で情報の送受信を行う各種のワイヤレス光通信システムの開発が進められている。当該システムの開発のなかでその中心を占めているのは、情報の送信を行う発光装置である。

【0003】一般に光通信用の発光装置では、高速変調、低消費電力、高い信頼性が要求とされるが、ワイヤレス光通信分野ではこれらに加え「目に対する安全性」が特に求められる。「目に対する安全性」を確保するには、装置の発光径を拡大して網膜上での光の結像を大きくし、単位面積あたりの光パワーを下げればよい。実際、光の出射方向に拡散手段を設けて発光径を数mm程度に拡大した発光装置が数多く存在する。この装置において発光素子として用いられるのは発光ダイオードや半導体レーザーであるが、後者は前者よりも電流-光出力変換効率が高く高速変調も可能なため、今後、ワイヤレス光通信用光源の主流になると思われる。しかし半導体レーザーは、発光面積が非常に小さい上に空間的コヒーレンシが高く、さらには発光ダイオードよりも高い光出力で駆動するため、特に安全対策が重要となる。

【0004】発光素子に半導体レーザーを用いたワイヤレス通信用の発光装置の例を図13に示す。(a)、(b)はそれぞれ装置の全体図、装置内での光の放射の様子を示す断面図である。

【0005】半導体レーザー601は、その出射方向が皿型のリードフレーム基台612の底面に対し平行となるよう、その底面にマウントされ、その周囲に樹脂モールド609が施されている。樹脂モールド609は装置の出射方向にレンズ608をもち、その内部にはレーザー光を拡散するためのシリカ系微粒子が均一に混入されている。半導体レーザーから出た光は、皿型のリードフレーム基台612の内面で反射され、装置の出射方向に放射の向きを変える。そして樹脂内のシリカ粒子で散乱されながらレンズ608の外周部に達し、外部空間へ放射される。

【0006】この装置では、シリカ粒子で光を拡散させ

て装置の発光径を拡大することで、安全基準を満たしている。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このように樹脂モールド内部に拡散粒子を混入すると、発光径だけではなく外部空間への放射角も増大する。現に、図13の装置では放射角の値が $40^\circ$ 以上という大きな値となった。ここで記載した放射角の値は、指向半値角、つまり光強度がピーク値の半分となる放射角の半値で示した。以後の放射角の記述もこれに倣うこととする。このように放射角が大きくなると、同じ光出力の下での放射輝度（単位立体角あたりの光パワー）は逆に減少する。例えば全光出力が10mWの場合、放射角 $15^\circ$ での放射輝度は33.4 mW/srであるが、放射角が $20^\circ$ では $15^\circ$ のときの $1/2$ すなわち16.7mW/sr、放射角 $40^\circ$ では $1/5.8$ （5.7 mW/sr）まで下がる。放射輝度が所望の値よりも小さい場合、発光素子の光出力を上げてこれを補うため、装置の消費電力が増大する。これは装置にとって好ましいことではない。ワイヤレス光通信の発光装置では放射輝度が基準値の $1/2$ 未満（放射角にして $20^\circ$ 以上）になると、この消費電力の増大が問題となる。先に示した発光装置の放射角は $40^\circ$ 以上であるため、ワイヤレス光通信に用いるには不適当だといえる。なお、ここで基準とした放射角（ $\sim 15^\circ$ ）は、現存する赤外線ワイヤレス通信の仕様に基づくものである。

【0008】さらに本例では発光素子に半導体レーザを用いているが、この場合、先に述べた光出力の増大が装置全体の寿命を大幅に縮めてしまう。これは一般に半導体レーザの寿命が、高光出力であるほど短いからである。

【0009】結局、発光径は数mm程度で放射角は $20^\circ$ 程度以下という相矛盾する要求仕様を両立した発光装置はいまだに実現できていない。

【0010】本発明は上記事情を鑑みて樹脂モールドを施した発光装置に対してなされたものであり、狭い放射角と大きな発光径という条件をともに備えることで、消費電力が小さく安全基準も満たしたワイヤレス光通信用の発光装置を提供するものである。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】この発明に係る発光装置は、発光素子と、該発光素子をモールドする樹脂とを、少なくとも備えた発光装置であって、前記樹脂が、レンズ機能と、光拡散機能とを備えて、これらによって発光装置からの光の放射角度を決定する際、前記レンズ機能による放射角度の大きさが、前記光拡散機能による放射角度の大きさよりも小さくてなることによって上記目的を達成する。

【0012】本発明において、発光素子が半導体レーザ素子である場合、特に効果的である。

【0013】また、樹脂による光拡散機能は、樹脂内に

フィラー粒子を混入することによって達成される。この場合、フィラー粒子は、樹脂内に均一に分布するものであっても、また、部分的に分布させるものであってもよい。

【0014】この発明に係る発光装置は、前記レンズ機能による放射角度の大きさが、前記光拡散機能による放射角度の大きさの $1/3$ よりも小さくてなることによって上記目的を達成する。

【0015】この発明に係る発光装置は、発光素子と、該発光素子をモールドする樹脂とを、少なくとも備えた発光装置であって、前記樹脂端面がレンズ機能をなし、該レンズ機能の持つ焦点距離位置近傍に、前記発光素子の発光点を配置してなることによって上記目的を達成する。

【0016】この発明に係る発光装置は、光路長 $X$ の焦点位置からのずれの大きさを焦点距離で規格化した $\Delta f$ が、前記レンズ機能の開口数 $NA$ を用いて、 $x > f$ で $\Delta f < 4/(NA-4)$ 、 $x < f$ で $\Delta f < 4/(NA+4)$ となる位置に、前記発光素子の発光点を配置してなることによって上記目的を達成する。

【0017】この発明に係る発光装置は、前記発光装置の放射角が指向半値角で $20^\circ$ 以下であることによって上記目的を達成する。

【0018】この発明に係る発光装置は、前記レンズ機能による放射角度の大きさが、指向半値角で $4^\circ$ 以下であることによって上記目的を達成する。

【0019】この発明に係る発光装置は、前記光拡散機能が、樹脂に混入されたフィラー粒子によってなされ、該フィラー粒子は前記モールド樹脂に部分的に分布してなることによって上記目的を達成する。

【0020】この部分的に分布をさせる位置としては、主に樹脂がなすレンズの外周部近辺にあってもよく、また、発光素子の光出射部近辺にあってもよい。

【0021】このとき、光の拡散機能を有する手段（例えば、フィラー粒子）は、発光素子の放射光の存在範囲よりも広く分布させることが好ましい。

【0022】この発明に係る発光装置は、発光素子と、該発光素子をモールドし、レンズ機能と光拡散機能を有する樹脂とを、少なくとも備えた発光装置を製造する際、前記モールド樹脂を形成した後、その表面に、該樹脂を溶かす作用を持つ溶液を用いてエッチングを施すことにより、前記モールド樹脂の持つ光拡散機能を決定してなることによって上記の目的を達成する。

【0023】この発明に係る発光装置の製造方法は、発光素子と、該発光素子をモールドし、レンズ機能と光拡散機能を有する樹脂とを、少なくとも備えた発光装置を製造する際、前記モールド樹脂を形成した後、その少なくともレンズ機能を有する表面に液状の樹脂を霧状に吹き付けることにより、前記モールド樹脂の持つ光拡散機能を決定してなることによって上記の目的を達成する。

【0024】この発明に係る発光装置の製造方法は、発光素子と、該発光素子をモールドし、レンズ機能と光拡散機能を有する樹脂とを、少なくとも備えた発光装置を製造する際、前記モールド樹脂の成形金型の内面に凹凸を施すことにより、前記モールド樹脂のもつ光拡散機能を決定してなることによって上記の目的を達成する。

【0025】この発明に係る電子機器は、前記請求項1乃至7のいずれかに記載の発光装置を搭載してなることによって、上記の目的を達成する。

【0026】

【発明の実施の形態】図1を用いて本発明第1の実施の形態を説明する。図1(a)は本形態の全体図、図1(b)は装置のモールド形状と光の放射の様子を示す断面図である。

【0027】水平／垂直方向の放射角が $10/20^\circ$ の半導体レーザ素子101が、その電極の片面がヒートシンク102に接するよう導電性ペースト（本形態ではIn）でダイボンドされている。ヒートシンク102は直径5.6mmの円形システム103の略中心に位置している。半導体レーザ素子101の他方の電極は、リード線104を介して電極105に繋がっている。電極105は絶縁体106によりシステム103から絶縁されており、この電極105とシステム103を介して半導体レーザ素子101に電流が供給される。半導体レーザ101の酸化を防ぐため、キャップ107がシステム103に固着され、その内部にN<sub>2</sub>ガスが封入されている。ここまでは市販のキャン型半導体レーザ装置と同じ構造である。

【0028】本形態ではさらに、エポキシ系樹脂からなり光の出射方向にレンズ部108をもつ樹脂モールド109がこのキャン型半導体レーザ装置の周囲を覆っている。樹脂モールド109の断面は直径7.5mmの円形状であり、レンズ部108の先端とキャップ107の間の距離xは7.5mmとした。樹脂モールドの内部には、SiO<sub>2</sub>ペーストからなるフィラー粒子がほぼ均一に混入されている。半導体レーザ101の発振波長において、フィラー粒子の屈折率とエポキシ系樹脂のそれがわずかに異なるため、該フィラー粒子は樹脂内で光の拡散材として機能する。フィラー粒子の混入量は重量比にして3.5%程度である。

【0029】図1(b)に示すように、半導体レーザ101から出た光はキャップ107のガラス窓110を通して樹脂モールド109の内部に放射される。樹脂モールドの内部では、光はフィラー粒子で散乱されて発光径、放射角ともに徐々に大きくなる。そして光がレンズ108の外周部に達すると、レンズ面で屈折し外部空間へ放射される。

【0030】ここで本形態の主な特徴である、樹脂レンズと光拡散手段をもつ発光装置において発光径を数mm程度にするとともに放射角 $\theta$ を小さくする手段について説明する。

【0031】装置の放射角 $\theta$ は光の拡散量やレンズによる屈折量に依存し $\theta = (\theta_d^2 + \theta_l^2)^{1/2}$ と書ける。 $\theta_d$ 、 $\theta_l$ はそれぞれ光の拡散のみ、樹脂レンズでの光の

屈折のみがあると仮定したときの放射角である。この式から、光の拡散量や樹脂レンズでの屈折量を変えることで放射角 $\theta$ の大きさを制御できることがわかる。以下の文章では、これらの放射角の各種パラメータ依存性を別々に説明する。

【0032】まず、光の拡散量に由来する放射角 $\theta_d$ を、光拡散手段の中で最も簡略な拡散板をその例にとって説明する（図2参照）。この拡散板は厚さがdで、内部に密度 $\rho$ のフィラー粒子を均一に含むもので、ここに光が入射するとフィラー粒子に衝突し散乱される。このため平行光を表面に垂直に入射しても、外部空間へ放射される際には放射角 $\theta_{do} (\neq 0)$ で放射されることとなる。この放射角 $\theta_{do}$ は衝突時の散乱角度や衝突の回数に依存し、 $\rho$ 、dを用いて $\theta_{do}^2 \approx \rho \times d \times \sigma \phi^2$ とかけられる。 $\sigma \phi$ は拡散材の種類、例えば大きさや形状、屈折率に依存する定数である。

【0033】現実の発光装置では、拡散手段の種類や設置場所が上で述べた拡散板のケースよりはるかに複雑で、各種のパラメータと放射角 $\theta_d$ の関係は $\theta_{do}$ のような単純な式で表わすことはできない。しかし $\rho$ 、dを適宜設定すると、便宜上 $\theta_d \approx \rho \times d \times \sigma \phi^2 (1 \leq n \leq 2)$ とみなすことができる。現に、本形態の全放射角 $\theta$ が拡散材の混入量や樹脂レンズ-光源間の距離に比例するという実験結果を我々は得ている。今後、これらのパラメータの総和を、“放射角 $\theta_d$ を実現する「拡散量」”と呼ぶこととする。

【0034】 $\theta_d$ を制御して全放射角 $\theta$ を狭くするには、 $\theta_d$ を小さくする、すなわち「拡散量」を減らせればよいがこの場合、発光径も小さくなる。安全性を確保するため、ワイヤレス光通信用の発光装置の発光径は大きいほうが好ましく、「拡散量」を減らして全放射角 $\theta$ を狭くすることは現実的な手段とはいえない。

【0035】他方、樹脂レンズでの屈折量で決まる放射角 $\theta_l$ であるが、これはレンズ-発光素子間の距離x（光路長とよぶ）とレンズの焦点距離fとの関係で決まる。両者の関係が $x < f$ 、 $x = f$ 、 $x > f$ となるよう作製した発光装置の光の放射の様子を図3(a)～(c)に示す。この結果は、形態1と同形状でその内部が透明な樹脂モールドをもつ発光装置から、実際に得られたものである。このとき焦点距離fは光路長xに換算して約9mmであった。なお(c)では光線が一旦集光した後再度拡がるが、この再拡散後の角度 $\theta_1$ を放射角 $\theta_l$ としている。この結果に基づき放射角 $\theta_l$ と光路長xの関係をグラフ化したものが図4の曲線(A)である。放射角 $\theta_l$ は光路長xと焦点距離fの差が小さいほど小さくなり、 $x = f$ ではほぼゼロとなる。

【0036】曲線(A)の発光装置（拡散手段なし）に拡散手段を設けたものが本形態である。このとき「拡散量」は光路長に比例するため、曲線(A)に放射角 $\theta_d$ の寄与が加わり、全放射角 $\theta$ と光路長xの関係は $x = f$ を極小

値とする曲線(B)となる。なお発光径は光路長 $x$ が大きいほど大きくなるが、 $\theta_1$ と $x$ の関係が極小値をもつ曲線であるため、放射角 $\theta_1$ を小さくしてもある程度の大きさの発光径を確保できる。

【0037】以上をまとめると、安全基準を満たした上で全放射角 $\theta$ を狭くするには、発光径拡大とトレードオフとなる $\theta_d$ ではなく $\theta_1$ を小さくするのが適当な手段といえる。つまり発光径をある程度の大きさに保ちつつ全放射角 $\theta$ を狭くするには、 $\theta_d > \theta_1$ とするのがよい。これは、光路長 $x$ をレンズの焦点距離 $f$ 近傍の値となるよう設定することで実現できる。

【0038】実際、本形態では、光路長 $x$ をレンズの焦点距離 $9\text{mm}$ に比較的近い値である $7.5\text{mm}$ に設定することで、レンズ機能による放射角 $\theta_1$ を拡散機能による放射角 $\theta_d$ よりも小さくしている。このため発光径が平均 $4.5\text{mm}$ 、放射角が縦横とも $20^\circ$ 程度となり、発光径、放射角ともにワイヤレス通信用光源の仕様を満たした発光装置を実現した。なお本文中でいう発光径とは、安全規格での規定に基づき、その強度がピーク時の $1/e$ になる範囲で規定している。

【0039】また本形態では、全放射角 $\theta$ が比較的狭く発光素子の出力を上げなくとも所望の放射輝度が得られるため、発光素子に半導体レーザを用いることができた。そして数 $100\text{MHz}$ 以上という高速通信が可能な発光装置を実現した。

【0040】なお本形態の光拡散部（フィラー粒子）は、樹脂モールド内ではほぼ均一に分布しているが、その分布に極端な片寄りが無い限り、フィラーを混入する以外の別の拡散手段を用いても本形態と同様の効果が得られる。

【0041】図5を用いて本発明第2の実施の形態を説明する。図5(a)は本形態の全体図、図5(b)は装置のモールド形状と光の放射の様子を示す断面図である。実施形態1との主な違いは、1) 光路長とレンズの焦点距離が等しい、2) 光拡散手段であるフィラーがレンズ外周部にのみ分布、3) 半導体レーザと樹脂の間を隔てていたキャップが存在しない点である。

【0042】水平／垂直方向の放射角が $15/30^\circ$ の半導体レーザ素子201が、その電極の片面がヒートシンク202に接するよう導電性ペーストでダイボンドされている。該ヒートシンク202は直径 $5.6\text{mm}$ の円形ステム203の略中心に位置している。半導体レーザ素子201の他方の電極は、リード線204を介して電極205に繋がっている。電極205は絶縁体206によりステム203から絶縁されており、この電極205とステム203を介して半導体レーザ素子201に電流が供給される。

【0043】これらを覆うように、エポキシ系樹脂からなり光の出射方向にレンズ部208をもつ樹脂モールド209が施されている。この樹脂モールド209の断面は直径 $7.5\text{mm}$ の円形状である。レンズ部208の先端と半導体レーザ2

01の間の距離 $x$ は $10\text{mm}$ で、レンズ部208の焦点距離 $f$ に等しい。樹脂モールド内にはフィラー粒子が、主にレンズ外周部に厚さ $2\text{mm}$ で分布しており(211(a))、その混入量は重量比で約5%である。

【0044】図5(b)に示すように、放射角 $\theta_o = 15/30^\circ$ の半導体レーザ201から出た光は、角度 $\theta_o$ を保ったまま樹脂モールド内を進む。フィラー粒子が存在するレンズ外周部211aに達すると、光は散乱されて発光径、放射角ともに広がる。その後、レンズ面で屈折して外部空間へ放射される。

【0045】本形態では、光路長 $x$ をレンズの焦点距離と同じ $10\text{mm}$ に設定することで、レンズ機能による放射角 $\theta_1$ の値をほぼゼロとすることができた。形態1の説明で述べたように、拡散による放射角をレンズによる放射角よりも大きくする、すなわち $\theta_d > \theta_1$ とすると、発光径をある程度の大きさに保ちつつ全放射角 $\theta$ を狭くすることができるが、なかでも両者が $\theta_d > 3 \times \theta_1$ という条件を満たす場合、全放射角 $\theta = (\theta_d^2 + \theta_1^2)^{1/2}$ に対する $\theta_1$ の寄与が $1/10$ 以下となり、特に狭い放射角が得られる。

【0046】この関係とワイヤレス通信用光源の仕様 $\theta \leq 20^\circ$ から条件 $\theta_1 \leq 4^\circ$ ～式(1)が得られる。実際の装置でこの条件を満たすには、光路長 $x$ の焦点位置 $f$ からのずれの大きさを焦点距離 $f$ で規格化した $\Delta f = |x - f| / f$ が、 $x > f$ のとき $\Delta f < 4 / (NA - 4)$ 、 $x < f$ のとき $\Delta f < 4 / (NA + 4)$ となるよう発光素子を設置すればよい。NAはレンズの開口数である。この条件は以下の計算を行って得られたものである。形態1で説明した $\theta_1$ と光路長の関係(図4曲線(A))は、 $x = f$ の極く近傍では $\theta_1 = -NA(x - f) / x$ ～式(2)と近似できる。この(2)式と(1)式から、位置ずれ $\Delta f$ に関する先の条件が得られる。

【0047】以上より、レンズの寄与 $\theta_1$ を $4^\circ$ 以下、すなわち光路長 $x$ の焦点位置からのずれの割合 $\Delta f$ が $x > f$ のとき $\Delta f < 4 / (NA - 4)$ 、 $x < f$ のとき $\Delta f < 4 / (NA + 4)$ となるよう発光素子の位置を設定した場合、ワイヤレス通信用の発光装置として理想的な発光径と放射角が得られる。実際、本形態では $\theta_1$ をほぼゼロとしたため、形態1とほぼ同じ大きさの発光径(約 $4.2\text{mm}$ )を実現しながら、縦横とも $8^\circ$ という極めて狭い放射角が得られた。そして安全対策を施したワイヤレス通信用の発光装置のなかでも、消費電力が極めて低い装置を実現した。

【0048】また本形態では、光拡散部が樹脂モールドの一部(ここではレンズ外周部)に片寄った分布をしており、仮に光路長がその設定からずれたとしても光の拡散量に影響せず、設定通りの発光径を確実に得ることができた。特に本形態のように、拡散手段がレンズ外周部のみに分布している場合、光はレンズ外周部に達するまで拡散手段の影響を受けないため、装置の発光径はおよそ $2y \tan \theta_o$ となる(図6参照)。この式から、発光素子の放射角と光路長を設定すれば発光径の大きさが予測

できるため、発光径の設定やその制御が非常に容易となる。

【0049】なお、本形態と同じ効果が得られるならば、光拡散手段は上で記したものに限定されるものではない。例えば図7(a)、(b)に示した発光装置では、レンズ部208の表面に凹凸211bを施すことで、形態2と同じくレンズ外周部で光を拡散している。凹凸211bの作製方法は例えば、1) 適当な薬液を用いて樹脂レンズの表面をエッチングする。適当な薬液には、望みの光拡散が得られる程度に樹脂モールド面を溶かす作用のあるものを用いる。2) 液状の樹脂を霧状にして、樹脂レンズの表面に吹き付ける。3) 樹脂レンズを作製する際に用いる金型の内面に所望の凹凸を施す などの方法が考えられる。

【0050】図8、9を用いて本発明第3の実施の形態を説明する。図8、9はそれぞれ本形態の構造、製法を示す模式図である。実施形態1、2との構造上の主な違いは、1) フィラー粒子が主にレンズ先端部に分布し、その分布の境界が光の出射方向にほぼ垂直な面である点、2) キャン型システムのかわりにリードフレームを用いた点である。

【0051】初めに図8を用いて本形態の構造を説明する。図8(a)は本形態の全体図、図8(b)は装置のモールド形状と光の放射の様子を示す断面図である。

【0052】水平/垂直方向の放射角が $10/35^\circ$ の半導体レーザ素子301が、その電極の片面がリードフレーム基台312に接するよう銀ペーストを用いてダイボンドされている。半導体レーザ素子301の他方の電極は、リード線304を介してリードフレーム電極313に繋がっている。これら2本のリードフレーム312、313を介して半導体レーザ301に電流が供給される。これらを覆うように、エポキシ系樹脂からなり光の出射方向にレンズ部308をもつ樹脂モールド309が施されている。樹脂モールド309の断面は直径7.5mmの円形状であり、レンズ部308の先端と半導体レーザ素子301との間の距離 $x$ は約10mmである。樹脂モールド309の内部には主にレンズ先端部付近にのみフィラーが混入されており、その境界面が光の出射方向に対して垂直な平面となっている。境界面とレンズの先端との間の距離は約2.2mmであった。またフィラー粒子の混入量は、重量比にして23%である。

【0053】次に図9を用いて本形態の製法を説明する。半導体レーザ素子301を銀ペーストを用いてリードフレーム基台312にダイボンドし、逆側の電極を金線でリードフレーム電極313に繋ぐ(図9(a))。次に硬化材とフィラー粒子を混入したエポキシ系樹脂を樹脂レンズ用の金型に流し込む(図9(b))。フィラー粒子には、エポキシ系樹脂よりも比重の重いものを用いたため、その大部分は金型の底へ沈み、その厚さは約2.2mmとなった(図9(c))。この中に図9(a)のリードフレームを所望の光路長となるよう固定(図9(d))した後、オーブ

ンで加熱し樹脂を硬化させる。最後に、樹脂レンズを金型からとりはずし、所望の発光装置を得る。

【0054】図8(b)に示すように、放射角 $\theta_0=10/35^\circ$ の半導体レーザ301から出た光は角度 $\theta_0$ を保ったまま樹脂モールド内を進む。フィラー粒子が混入されたレンズ外周部311aに達すると、ここで光は散乱されて、発光径、放射角ともに拡大される。その後レンズ面で屈折し、外部空間へ放射される。

【0055】本形態では、光路長 $x$ をレンズの焦点距離である10mmに設定することで、レンズ機能による放射角 $\theta_1$ をほぼゼロとした。このため形態1、2よりも20~30%ほど大きい発光径(約5.5mm)でありながら、縦横とも $20^\circ$ 程度という比較的小さい放射角が得られた。そして消費電力を低く抑えつつ、より安全性の高めたワイヤレス通信用の発光装置を実現することができた。

【0056】また本形態では、比較的アスペクト比が大きな半導体レーザ素子を用いたが、発光素子の放射角 $\theta_0$ に依存する放射角 $\theta_1$ の寄与をほぼゼロとしたため、装置の放射形状を全方向でほぼ均等にすることができた。これにより装置を使用する際にその装着角度を考慮する必要がなくなり、ワイヤレス通信用の装置として非常に使いやすい発光装置が得られた。

【0057】本形態では形態2と同様、拡散手段であるフィラー粒子が主にレンズ外周部にのみ分布しているため、発光径の設定やその制御が容易となった。また、拡散手段がレンズ外周部でのレーザ光の放射範囲よりも広い範囲に分布しているため、外周部に到達した全てのレーザ光を拡散させ大きな発光径を得ることができた。

【0058】図10を用いて本発明第4の実施の形態を説明する。図10(a)は本形態の全体図、図10(b)は装置のモールド形状と光の放射の様子を示す断面図である。

【0059】構造上の主な特徴は、1) 光路長とレンズの焦点距離がほぼ等しい、2) 光の拡散手段であるフィラー粒子が、発光素子の近傍のみに分布している点である。なお本形態は、キャン型半導体レーザ装置部は形態2と同じ構造であるためその説明は省略し、樹脂モールド部のみを説明する。

【0060】キャン型半導体レーザ装置を覆うように、エポキシ系樹脂からなり光の出射方向にレンズ部408をもつ樹脂モールド409が施されている。樹脂モールド409の断面は直径7.5mmの円形状であり、レンズ部408の先端とキャップ407との間の距離 $x$ はレンズの焦点距離(9mm)に等しい。樹脂モールド内には、 $\text{SiO}_2$ からなるフィラー粒子が発光素子の近傍のみに厚さ2mmで分布しており、その混入量は重量比にして5%である。

【0061】図10(b)に示すように半導体レーザ401から出た光は、放射直後にフィラー粒子411で散乱され、発光径、放射角ともに拡がる。そして、ここで得られた放射角を保ったまま樹脂内(透明)を進む。光がレンズ

部408に達すると、ここで屈折して外部空間へ放射される。

【0062】本形態では、光路長 $x$ をレンズの焦点距離と同じ9mmにすることで、レンズ機能による放射角 $\theta_1$ をほぼゼロとした。このため形態1とほぼ同じ大きさの発光径(約4.5mm)を実現しながら、縦横とも $8^\circ$ という極めて狭い放射角を得た。そして安全対策を施したワイヤレス通信用の発光装置のなかでも、消費電力が極めて低い装置を実現した。

【0063】また実施形態2、3では、拡散手段が外周部のみに存在するため、装置の発光径が発光素子の放射角 $\theta_0$ に依存し、 $\theta_0$ の値によっては所望の発光径が得られない場合があった。これに対し本形態では、拡散手段が発光素子に近い部分にのみ分布しているため、仮に発光素子の放射角 $\theta_0$ が狭くても、拡散量を調節することで所望の発光径を得ることが可能となった。

【0064】なお、本形態ではその光拡散部を発光素子近傍411のみとしたが、本発明の主旨は光をその出射直後に拡散させることであるから、発光素子近傍411よりも拡散量が小さければ、樹脂モールド内外の他の部分も拡散機能をもつほうがよい。

【0065】また実施形態1～4では発光素子に半導体レーザを用いているが、発光ダイオード、固体レーザなど発光径を拡大する必要がある別の発光素子を用いてもよい。

【0066】さらに実施形態1～4で使用した樹脂や拡散材の材料は、モールドLED装置を作製する際に頻繁に使用されるものを記したが、発光素子の波長に対し前者が透明、後者が不透明であれば、これに限定されるものではない。

【0067】図11、12を用いて本発明第5の実施の形態を説明する。

【0068】図11(a)は光信号を送信する手段に、本形態1～4のいずれかに記載の発光装置を用いた家庭用ビデオカメラ、図11(b)は該ビデオカメラとTVとの間で行われるワイヤレス通信の該略を示す図である。また図12は本形態で示されるシステムの受光電流の概念図である。ビデオカメラ501で撮影された音声信号と映像信号はビデオカメラ501の内部でデジタル化され、ビデオカメラ外面にある光送信部502へ送られる。光送信部502には形態1～4の何れかで示した発光装置が備えられ、デジタル化された電気信号を光信号に変換し、信号光103として外部空間へ放出する。送信対象であるTV504はその外部に光受信部505を備え、信号光503を受信する。そして受信した光変調信号は、光受信部505の内部でフォトダイオードにより電気信号に変換される。

【0069】その後、TV504でこの電気信号を復調し、映像および音声を得ることができる。さらに本形態では、受光側はの最大感度波長920nmのSiの受光素子を用いた。発光側は、発振光の波長として、910nmの半導体

レーザを用いた。その理由を以下に述べる。Siの受光素子では、半導体中に形成された空乏層で吸収された光は、電子とホールペアを形成し、空乏層中の電界により電流として外部へ取り出される。受光素子に最大感度波長より長波長の光が入射すると、光のエネルギーが低いため空乏層にて十分に吸収されない。空乏層外部で発生した電子とホールペアは、ゆっくりとした拡散現象により空乏層に達するから、これは信号の時間遅れになってしまう。

【0070】例えば、本例の受光素子に波長910nmの光を20MHzで強度変調して入れた場合、その受光電流は図12の点線の様になるが、波長930nmの光を同様に入射した場合、図12の実線の様になる。実線でパルス始めの速い立ち上がりは空乏層で吸収された光によるもので、その後のゆっくりとした立ち上がり成分は拡散電流によるものである。これは数 $\mu$ 秒にも及び、パルス消失後もテールを引くように現れる。拡散電流成分により、受光電流の変調信号振幅が減少し高S/N比のデータ伝送が出来ない。よって本例の様に、受光素子の最大感度波長を含み、その短波長側の波長で通信することが望ましい。発光ダイオードの様に波長がブロードな素子を用いる場合には、強度ピーク波長が受光素子の最大感度波長より小さければよい。

【0071】また本通信を行うにあたっては、光送信部502から放射した信号光503がTV504の光受信部505の受信可能範囲内(立体角及び距離)におさまるよう、ビデオカメラ501をTV504の近傍に設置することとする。

【0072】本形態の通信システムはTVとビデオカメラ間の1:1の通信であるため、送信光の放射角を大きくする必要はない。ビデオカメラのバッテリー電力に限界があることも考慮すると、送信光の放射角は狭いほうがよい。本形態の通信システムでは、放射角は $20^\circ$ 以下、望ましくは $10^\circ$ もあれば十分である。

【0073】本形態では、通信システム内の光送信器に形態1～4で記した発光装置を用いたため、送信光の放射角を狭くすることができ( $20^\circ$ 以下)、ビデオカメラのバッテリー連続使用時間が格段に延びた。また、該装置内の発光素子に半導体レーザを用いたため、通信速度が増し、データ転送にかかる時間も短縮された。

【0074】

【発明の効果】実施形態1～4に記載の発明によれば、光路長を焦点距離近傍に設定し、レンズ機能による放射角度の大きさを拡散機能による放射角度の大きさよりも小さくしたため、発光径を拡大すると同時に $20^\circ$ 以内という狭い放射角をもつ発光装置を実現することができた。

【0075】特に実施形態2～4では光路長 $x$ の焦点位置 $f$ からのずれの大きさを焦点距離 $f$ で規格化した $\Delta f$ ( $= (x-f)/f$ )が $x > f$ のとき $\Delta f < 4/(NA-4)$ 、 $x < f$ のとき $\Delta f < 4/(NA+4)$ となるよう発光素子の位置を設定した



ため、 $\theta 1$ の寄与を $4^\circ$ 以下という非常に小さな値とすることができ、特に狭い放射角が得られた。そして、安全性と低消費電力という両立するのが困難な仕様を同時に満たしたワイヤレス通信用の発光装置を実現できた。

【0076】また発光素子に半導体レーザを用いているため、安全性や消費電力上の仕様を満たした上で、高速の変調も可能とした発光装置を提供することができた。

【0077】実施形態2～4に記載の発明によれば、光拡散部の分布が樹脂モールドの一部に片寄っているため、仮に光路長が当初の設定からずれたとしても拡散量は影響を受けず、当初の設計通りの発光径をもつ発光装置を得ることが可能となった。

【0078】実施形態2、3では光拡散部の片寄りが主にレンズの外周部に集中しているため、発光径の設定やその制御が容易となった。特に実施形態3では、拡散手段がレンズ外周部でのレーザ光の放射範囲よりも広い範囲に分布しているため、外周部に到達した全てのレーザ光を拡散でき、結果として発光径をより大きくすることができた。言い換えると装置の安全性を高くすることができた。

【0079】また実施形態4では拡散手段が主に発光素子に近い部分にのみ分布しているため、用いた半導体レーザ素子に固有の放射角に関係なく、望みの発光径を得ることが可能となった。

【0080】実施形態5に記載の発明によれば、実施形態1～4に記載の発光装置をTV-ビデオカメラ間でのワイヤレス光通信の送信部に用いることで、ビデオカメラの連続使用時間が延びた上、従来より短時間で情報を伝送することを可能にした。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1で示される発光装置の構造、およびその断面構造と光の放射状況を示す模式図である。

【図2】光が拡散板を通過する際の光の放射の様子を示す模式図である。

【図3】光が樹脂モールドレンズから出射する際の光の放射状況を示す模式図である。

【図4】樹脂レンズの寄与による放射角、および全放射角と光路長の関係を示すグラフである。

【図5】実施形態2で示される発光装置の構造、および

その断面構造と光の放射状況を示す模式図である。

【図6】実施形態2で示される発光装置の発光径を説明する模式図である。

【図7】実施形態2で示される発光装置と同機能で異形状の光拡散手段をもつ発光装置の例を示す模式図である。

【図8】実施形態3で示される発光装置の構造、およびその断面構造と光の放射状況を示す模式図である。

【図9】実施形態3で示される発光装置の製造方法を示す模式図である。

【図10】実施形態4で示される発光装置の構造、およびその断面構造と光の放射状況を示す模式図である。

【図11】実施形態5で示される電子機器、およびその電子機器を用いた家庭用ビデオカメラ-TV間のワイヤレス光通信の様子を示す模式図である。

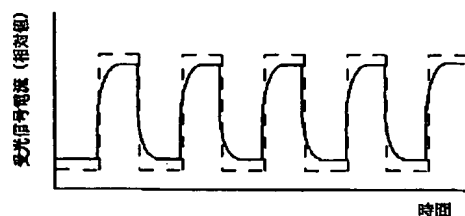
【図12】実施形態5で示されるシステムの受光電流の概念図である。

【図13】従来例として示す発光装置の構造、およびその断面構造と光の放射状況を示す模式図である。

#### 【符号の説明】

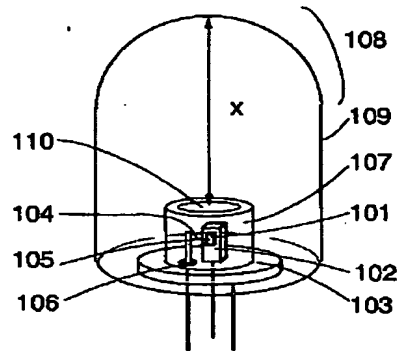
- 101、201、301、401、601 半導体レーザ素子
- 102、202、402 ヒートシンク
- 103、203、403 ステム
- 104、204、304、404、604 リード線
- 105、205、405 電極
- 106、206、406 絶縁体
- 107、407 キャップ
- 108、208、308、408、608 レンズ部
- 109、209、309、409、609 樹脂モールド
- 210、410 キャップガラス
- 111、211a、211b、311、411、611 光拡散手段
- 312、612 リードフレーム基台
- 313、613 リードフレーム電極
- 501 家庭用ビデオカメラ
- 502 ビデオカメラ外面に付随する光送信部
- 503 送信光
- 504 TV外面に付随する光受信部
- 505 TV

【図12】

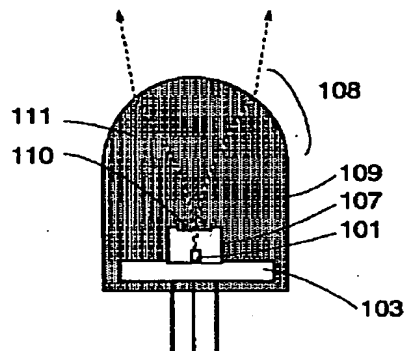


【图1】

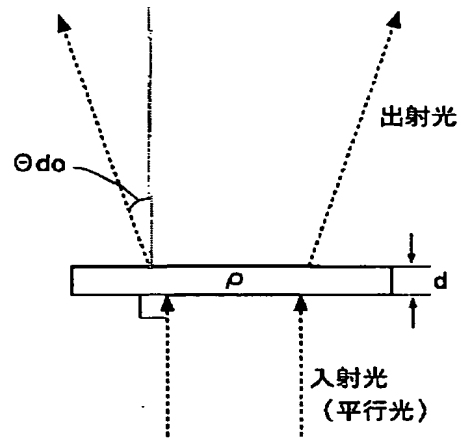
(a)



(b)

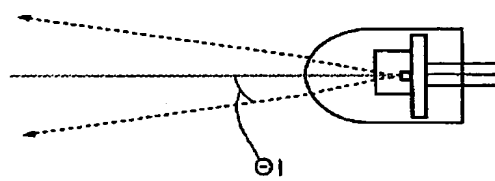


【图2】

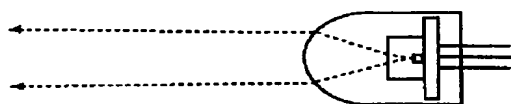


【图3】

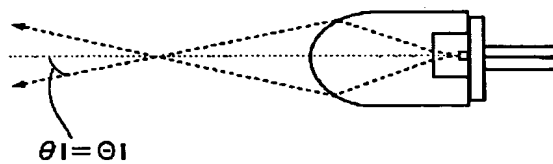
(a)  $x < f$



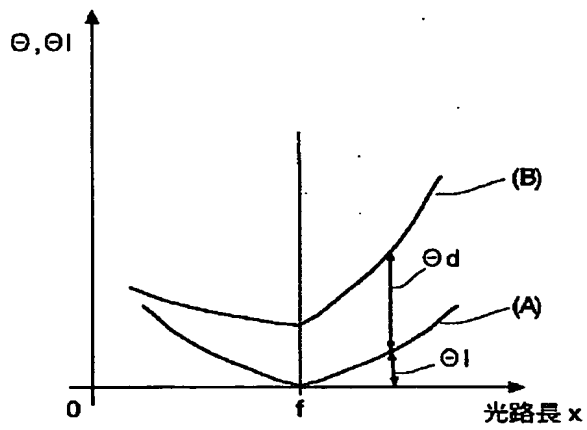
(b)  $x = f$



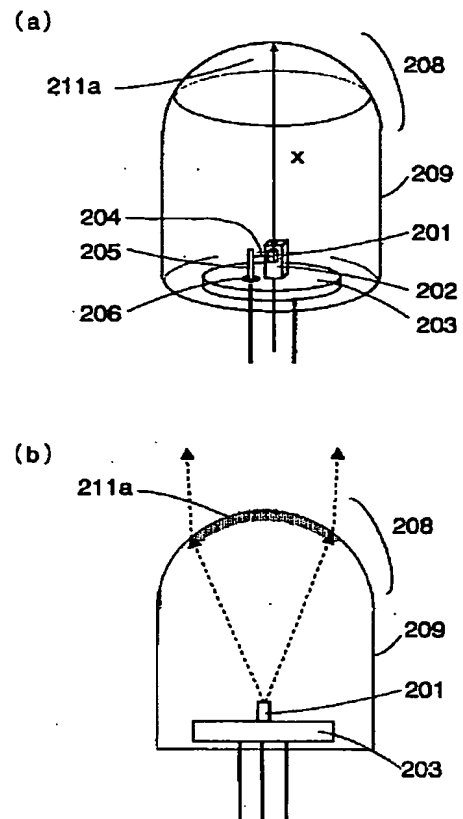
(c)  $x > f$



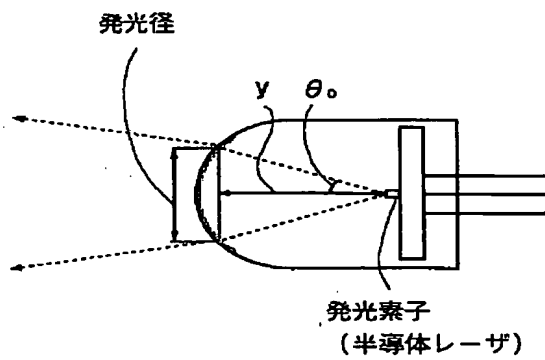
【図4】



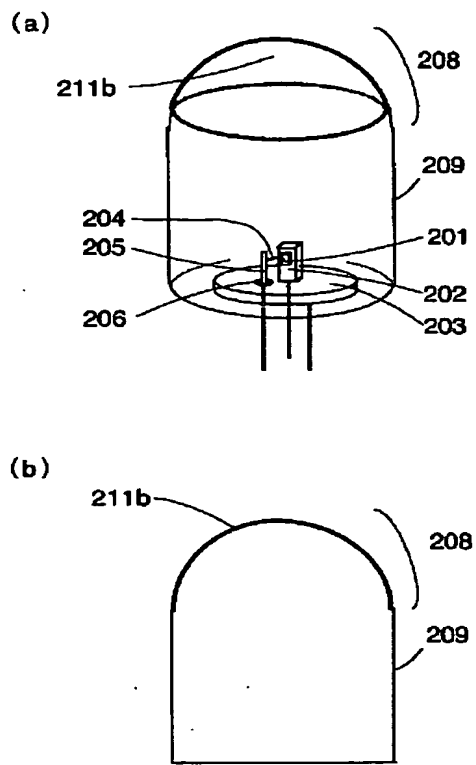
【図5】



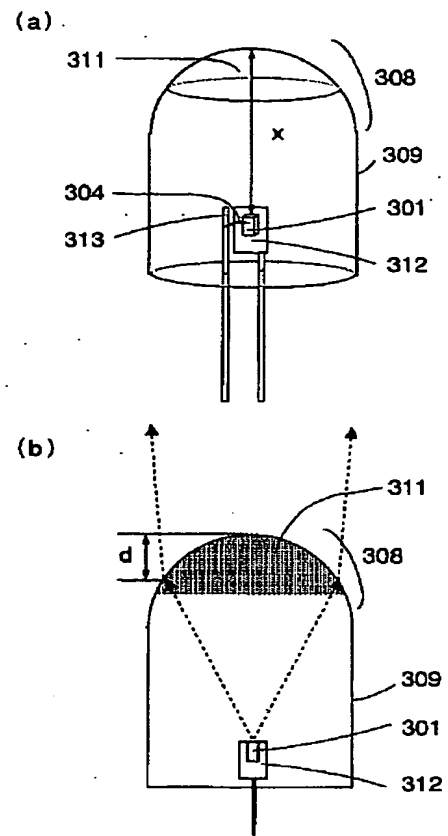
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

(a)

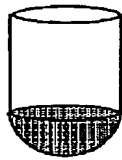


(b)

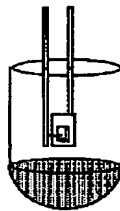
フィラー混入



(c)

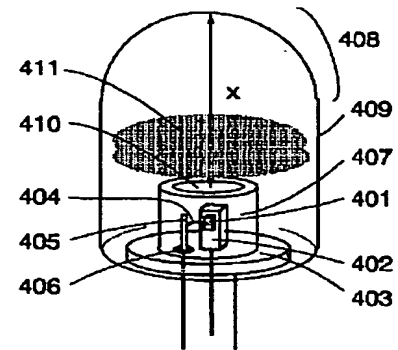


(d)

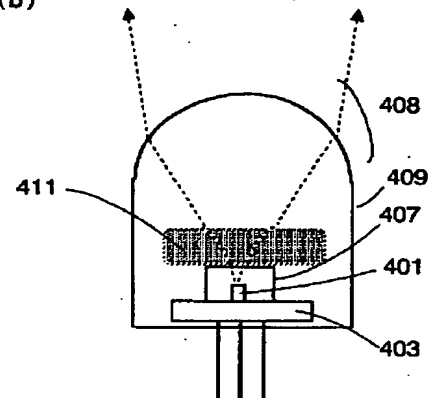


【図10】

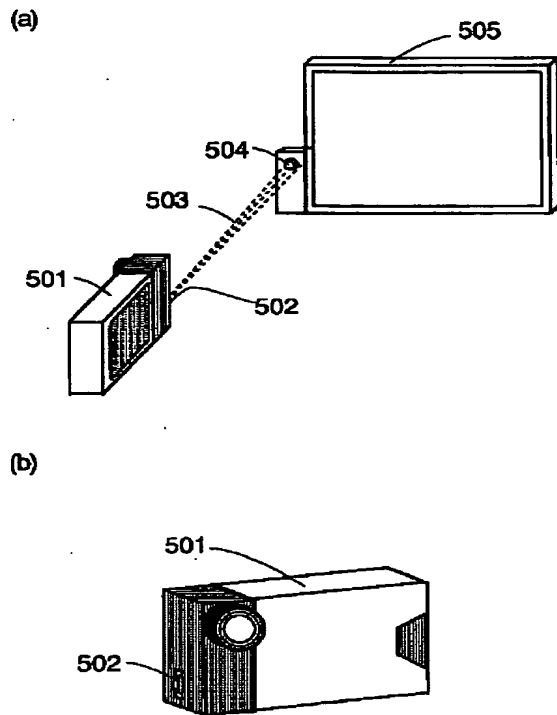
(a)



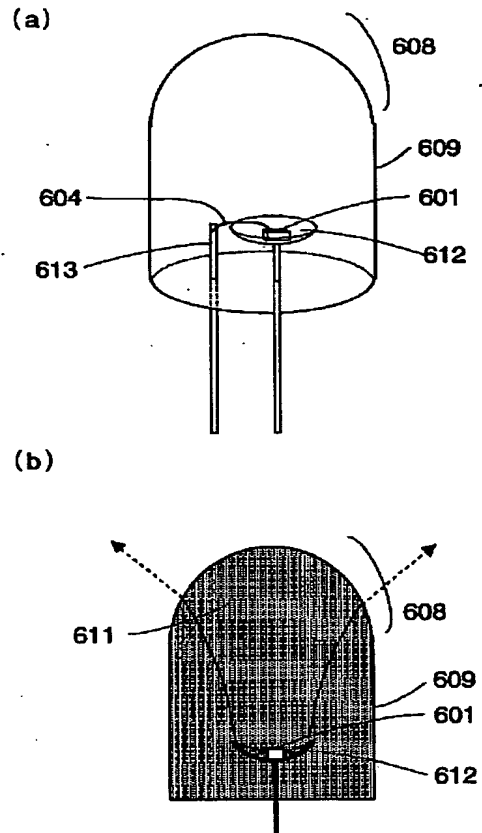
(b)



【図11】



【図13】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

H 0 1 L 23/31

H 0 1 S 5/022

H 0 4 N 5/00

7/22

// B 2 9 K 105:16

B 2 9 L 11:00

F I

H 0 4 N 5/00

7/22

B 2 9 K 105:16

B 2 9 L 11:00

H 0 1 L 23/30

テームド (参考)

B 5 F 0 6 1

5 F 0 7 3

F

Fターム(参考) 4F202 AA39 AB11 AB17 AD03 AF01  
AG26 AH73 CA01 CB01 CB12  
CD07 CD22 CK12 CQ05  
4M109 AA01 DB15 EC11 EE12 GA01  
5C056 FA01 HA01 HA04 JA10  
5C064 EA05  
5F041 AA06 AA24 AA31 DA02 DA07  
DA12 DA18 DA44 DB01 EE25  
FF14  
5F061 AA01 CA21 CB01 CB02 CB13  
DA06 FA01  
5F073 BA01 EA19 FA22 FA27 FA28  
FA29 FA30